

◆ 원 저 ◆

중재적 시술 시 팬텀을 이용한 환자의 피폭선량 분석

강병삼¹ · 동경래^{2,3}

¹신구대학교 방사선과 · ²광주보건대학교 방사선과 · ³조선대학교 원자력공학과

TA Study on Patient Exposure Dose Used the Phantom for Interventional Procedure

Byung Sam Kang¹ · Kyung Rae Dong^{2,3}

¹Department of Radiological Technology, Shingu University ·

²Department of Radiological Technology, Gwangju Health College University ·

³Department of Nuclear Engineering, Chosun University

Abstract

Because interventional procedure operates looking at premier as real time when perate intervention enemy, by patient is revealed during suitability time in radiation, side effect such as radiation injury of skin is apt to happen. It established by purpose of study that measure exposure dose that patient receives about these problem, and find solution for radiation injury and repletion method. In this study, we used Rando phantom of identical structure with the human body which becomes accomplished with 4 branch ingredient of the attempt and system equivalent material them and absorbed dose were measured by TLD. According to the laboratory, it shows that operations such as TFCA procedure or uterine myoma embolization are more dangerous than TACE procedure. If both operations are inspected during a short time, it is not affected in being bombed. However, it can lead to palliative agenesis or depilate, definitive agenesis only if operations are repeated more than three times. Dose distribution based on experiment, to reduce radiation exposure to patients result from reduction of scatter ray as we control field size of radiation and protection of side organs except for tumor, also we knew that we can protect patients form radiation exposure, if we increas SOD and decrease SID.

Key Words : Rando phantom, TLD, TFCA, TACE

Received March 26, 2011/ 1st Revised April 10, 2011/ 2nd

Revised April 17, 2011/ Accepted for Publication April 27, 2011

Corresponding Author: 동경래

(506-701) 광주광역시 광산구 신창동 683-3번지

광주보건대학교 방사선과

Tel: 062) 958-7668 Fax: 062) 958-7669

E-mail: krdong@hanmail.net

I. 서론

여러 해 동안 국제방사선방호위원회(International Commission on Radiological Protection, ICRP)가 발간한 간행물의 거의 절반이 의료 관련 피폭에 관련된 보고서이다. 이 중 ICRP 85는 중재적 시술 시 방사선상해 예방에 대해 권고하고 있다. 이와 같은 관점에서 환자의 방사선량을 최적화 할 필요성이 있기 때문에 구체적인 실천 방안이 제시되고 있다.^{1~2} 1960년대 후반부터 의학계에서 방사선 의학을 이용하는 중재적시술이 꾸준히 증가했으며 일부 국가에서는 그 빈도가 2~4년 마다 두 배로 증가해 왔다. 중재적시술은 주로 실시간으로 영상을 보면서 시술하므로 환자가 방사선에 상당 시간 노출된다. 이로 인해 피부에 방사선상해와 같은 부작용이 발생하기 쉽기 때문에 중재적 시술에서 환자가 받는 피폭 선량을 최소화 해야 한다.^{3~4} 방사선으로 인한 피부상해는 부적절한 장비, 열악한 운영 기술 때문에 발생하고 있다. 환자의 급성 방사선량이 2 Gy이면 홍반이나 백내장을, 7 Gy이면 영구 탈모를, 그리고 12 Gy이면 지발성 조직 괴사를 초래할 수 있다. 눈의 분할된 피폭(직업상 피폭 포함)은 선량을 3개월 이내에 받는 경우 4 Gy에서, 3개월 이상의 기간에 받는 경우 5.5 Gy에서 백내장을 야기할 수 있다. 이에 따라 본 논문은 중재적시술 시 인체의 주요 장기가 받는 흡수 선량에 대하여 인체등가팬텀 내에 열형광선량계(Thermo Luminescence Dosimeter, TLD)를 삽입하여 측정하고 피폭선량 감소 방안을 연구해 보고자 한다.

II. 연구대상 및 방법

1. 측정 기구

1) 모의 피폭체(Humanoid phantom)

측정에 사용된 인체 모형의 Rando phantom은 건조시킨 뼈, 폐, 기도, 그리고 조직등가물질의 4가지 성분으로 이루어져 있어 인체와 동일 구조를 이루고 있다. 이 Rando phantom은 163 cm의 길이와 54 kg의 체중과 35개의 단면으로 구성되어 있으며 각 단면의 두께는 2.5 cm이다. 각 단면은 5 mm의 직경을 가진 구멍이 15 mm 간격으로 배열되어 있어 열형광선량계의 삽입이 가능하도록 제조되었고 또한 조직등가물질의 유효 원자 번호는 인체의 유효 원자 번호 7.4와 유사한 7.3을 가지고 있다(Fig. 1).



Fig. 1. Rando phantom

2) TLD

실험에 사용된 TLD(GR 200)의 열형광물질(Thermo Luminescence, TL)은 유효 원자 번호가 인체의 원자 번호와 비슷한 인체등가물질이므로 인체에서의 흡수 선량을 직접 얻을 수 있다. LiF : Mg, Cu, P로 이루어진 TL소자는 인체 팬텀에 장착하기 용이한 형태로써 직경 1 mm, 길이 6 mm의 막대 형태의 소자를 사용하였다. 눈으로 구별이 가능하도록 하기 위해 고유 번호를 부여하여 각 TLD chip 마다 투명테이프를 붙여 사용하였다(Fig. 2).

3) TLD시스템

HARSHAW TLD 3500 Dosimeter system을 사용하였다.

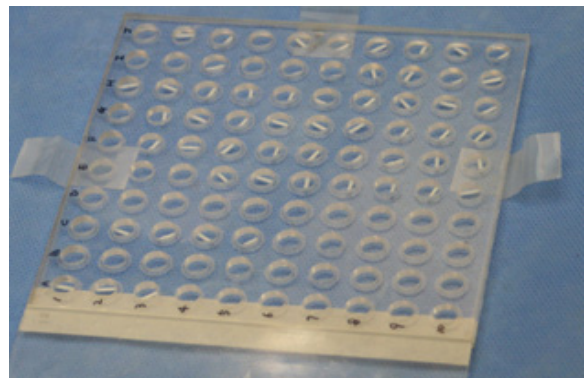


Fig. 2. TLD chip

4) 실험 장비

- (1) TACE : Pgilips Allura Xper FD 20
- (2) UAE : Pgilips Allura Xper FD 20
- (3) TFCA : Philips Integris Allura

2. 측정 이론

- 1) TL현상은 방사선이 조사된 후 가열이 되면 가시광선을 방출하는 현상이다.
- 2) TTP(Time Temperature Profile)는 135℃를 10초간 예열하고 최대 240℃까지 초당 10℃씩 올려 30초 동안 가열한다
- 3) RCF(Reader Calibration Factor)는 TL소자에서 방출된 전하량에 대한 정보를 판독자가 읽을 수 있는 선량에 대한 정보로 전환하기 위해 정의된 값이다.
- 4) ECC(Element Correction Coefficient)는 모든 선량계가 한 시스템에서 주어진 방사선에 대해 동일한 반응도를 가지게 하기 위함이다.

3. 측정 방법

1) 장기 내 TLD 부착(Table 1)(Fig. 3, 4)

Table 1. TLD Chip attach Region of TACE and TFCA Procedure

TACE	TFCA
Right eye skin	Right eye skin
Thyroid skin	Thyroid skin
Chest skin	Occipital region skin
Abdomen skin	Anterior of EAM 1 cm, Right skin
Gonad skin	Anterior of EAM 1 cm, Left skin
Liver organ(9 slice, 17~23 slice, 30 slice)	Vertex skin



Fig. 3. Rando phantom skin TLD chip attach

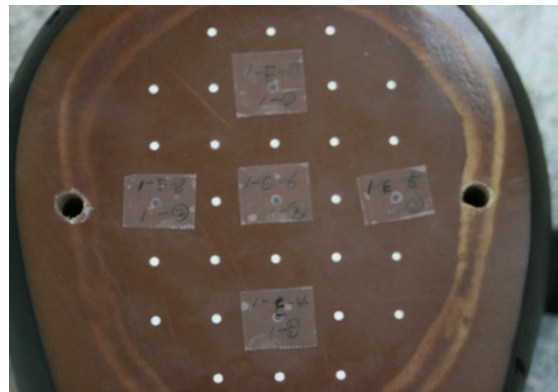


Fig. 4. Rando phantom organ TLD chip attach

2) 촬영 조건 및 변화 인자

Rando phantom을 환자 테이블 위에 위치시킨 후에 조사야의 중심과 간의 중심부를 일치시키고 SID를 110 cm로 고정하고 조사야 크기는 복부에서는 42 cm, 두부에서는 25 cm로 고정 하였다. 이 때 조사 시간은 5분으로 설정하며 경동맥화학색전요법(Transarterial Chemoembolization : TACE)은 전면상을 조사하고 뇌혈관조영술(Transfemoral Cerebral Angiography : TFCA)은 전면상과 측면상을 조사한다(Fig. 5, 6).



Fig. 5. For five minutes X-ray exposure



Fig. 6. AP · Lat X-ray exposure

Table 2. Result of TACE measurement. (Exposure condition : 76 kVp, 17.2 mA, Unit : mGy/min)

Skin		Liver organ	
TLD attach region	Dose rate	TLD attach region	Dose rate
Rt. eye	0.02	9 slice(Thyroid)	0.08
Thyroid	0.074	17 slice	2.67
Chest	0.564	18 slice	5.508
Abdomen	47.092	19 slice	5.792
Gonad	0.03	20 slice	6.532
		21 slice(Center)	7.274
		22 slice	6.824
		23 slice	6.056
		30 slice(Gonad)	0.27

Table 3. Result of TFCA measurement. (Exposure condition : 81 kVp, 16 mA, Unit : mGy/min)

Skin		Skull organ	
TLD attach region	Dose rate	TLD attach region	Dose rate
Rt. eye	9.026	1 slice	35.502
Thyroid	1.746	2 slice	44.196
Occipital	91.03	3 slice	43.654
Anterior of EAM 1 cm, Rt.	127.934	4 slice	50.772
Anterior of EAM 1 cm, Lt.	9.77	9 slice (Thyroid)	2.274
Vertex	4.318		

III. 결 과

측정 결과 TACE 시술 시에 각 장기가 받는 선량은 수정체가 0.02 mGy/min로 가장 작게 나타났고, 복부는 47.092 mGy/min로 가장 높게 나타났다. 간의 중심부인 21 절편은 7.274 mGy/min이고 5 cm 위쪽인 19 절편은 5.792 mGy/min, 5 cm 아래인 23 절편은 6.056 mGy/min로 중심부보다 낮게 나타났다(Table 2). 뇌혈관조영술(Transfemoral Cerebral Angiography, TFCA) 시 각 장기가 받는 선량 중 갑상선이 1.746 mGy/min로 낮게 나타났으나, 외이도 앞 1 cm 오른쪽은 127.934 mGy/min로 가장 높고 외이도 앞 1 cm 왼쪽은 9.77 mGy/min로 오른쪽보다 현저히 낮게 나타났

다. 두개부 장기 내에 부착한 TLD의 선량값은 4 절편이 50.772 mGy/min로 가장 높고 9 절편인 갑상선은 2.274 mGy/min로 나타났다(Table 3). 그리고 자궁근종색전술 시 1분당 난소가 받는 선량은 20.68 mGy로 나타났다(Table 4).

Table 4. Result of uterine myoma embolization measurement. (Exposure condition : 76 kVp, 17.2 mA, Unit : mGy/min)

Ovary organ	
TLD attach region	Dose rate
30 slice (Ovary)	20.68

IV. 고찰

의료용 방사선 피폭은 검사를 받은 사람에게는 항상 어떤 확률적 영향을 발생시킬 수 있는 가능성을 지니고 있고 중재적시술을 받는 환자의 경우는 주기적으로 장시간 방사선 피폭을 받기 때문에 시술자는 최소의 선량으로 진단적 가치가 있는 영상을 구현하도록 노력해야 한다. 이 실험에서 TACE 시술 시 선량은 조사중심 부위인 복부 표면과 21 절편에서 선량이 높은 것으로 나타났다.^{5~6} 우리나라의 TACE 시술 평균 시간은 12.8분으로 1회 시술 할 경우 578 mGy의 선량을 받게 된다. 여러 번 반복 시술을 하지 않을 경우에는 피폭에 의한 피해는 거의 없다고 할 수 있다. 자궁근종 색전술 시 1회 단기 조사 할 경우 2시간 이상 시술하게 되면 불임을 초래할 수 있다. TFCA시술 시 선량은 4 절편과 외이도 앞 1 cm 오른쪽과 후두부에서 선량이 가장 높은 것으로 확인된다.^{7~10} 외이도 앞 1 cm 오른쪽이 선량이 높게 나온 이유는 왼쪽 측면 방향으로 조사를 했기 때문이고, 후두부와 4 절편은 조사 중심이기 때문이다.¹¹ TFCA의 평균 시술 시간은 12.7분으로 1회 시술 했을 경우 피폭에 영향은 거의 없다고 할 수 있다. 하지만 뇌혈관중재술에서의 평균 시술 시간은 72.1분으로 약 70분간 선량을 받게 된다면 외이도 앞 1 cm 오른쪽이 8890 mGy, 4 절편이 3500 mGy, 오른쪽 안구가 1100 mGy의 선량을 받게 된다. 이 수치는 영구탈모, 홍반,

가시적 홍탁을 일으킬 수 있다(Table. 6).

즉, 실험에서 TACE 시술 시보다 TFCA, 자궁근종색전술, 뇌혈관중재술 시에 더 큰 위험이 따르는 것으로 나타났다. 이러한 위험을 최소화하기 위해 선량을 줄일 수 있는 다음과 같은 방법이 있다. 영상 증배관 장비와 비교하여 디지털 디텍터 장비를 사용함으로써 43% 선량을 감소시킬 수 있고 영상의 확대 정도에 따라 선량이 5~20% 증가되며, SID를 100 cm를 기준으로 10 cm 감소시키면 선량은 20% 감소되고 반대로 10 cm 증가시키면 30%, 20 cm 증가시키면 57% 증가된다. SOD를 20 cm 증가 시켰을 때 31% 감소하고 조사야를 30% 감소시키면 선량은 3%, 50% 감소시키면 24%의 선량 감쇄 효과가 있다고 보고된 바 있다.⁴

V. 결론

TACE는 반복 시행되는 시술이며, 부가적으로 컴퓨터 단층촬영(Computer Tomography, CT)과 같이 시행될 경우 선량은 더욱 증가하게 된다. 또한 뇌혈관중재술은 단 한번의 시술로도 방사선 상해를 일으킬 수 있는 선량이 발생되고 있다. 이러한 문제를 줄이기 위해 검사 시 여러 가지 기하학적 요소를 변화시켜 선량을 줄이며, 정확한 시술의 시행으로 환자를 방사선으로부터 보호해야 한다.

Table 6. Radiation-induced skin injuries

Organ/Tissue	Effect	Threshold dose(mGy)	
		Once dose	Yearly dose
Ovary	Infertile	2500~6000	>200
	Turbidity	500~2000	>100
Eye	Cataract	5000	>150
	Hematosi malfunction	500	>400
Bone marrow	Dry desquamation	2000	-
	Moist desquamation	18000	-
Skin	Dermal necrosis	25000	-
	Telangiectasia	12000	-
Epilation	Permanent epilation	7000	-
	Temporary epilation	3000	-

참고문헌

1. International commission on radiation protection. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. 2000. Contract No.: ICRP Publication 80.
2. Kim TH, Shin JH, Oh SJ, Park IK, Woo CW, Han KH, et al. Inhibition of Neointimal Hyperplasia after Stent Placement with Rhenium 188-filled Balloon Dilation in a Canine Iliac Artery Model. *J Vasc Interv Radiol* 2010; 21: 1066-70.
3. Oh SJ, Moon DH, Ha HJ, Park SW, Hong MK, Park SJ, et al. Automation of the synthesis of highly concentrated 188Re-MAG3 for intracoronary radiation therapy. *Appl Radiat Isot* 2001; 54: 419-27.
4. Kandarpa K, Becker GJ, Hunink MG, McNamara TO, Rundback JH, Trost DW, et al. Transcatheter interventions for the treatment of peripheral atherosclerotic lesions: part I. *J Vasc Interv Radiol* 2001; 12: 683-95.
5. International commission on radiation protection. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. 2001. Contract No.: ICRP Publication Supporting Guidance 2.
6. Wolfram RM, Budinsky AC, Pokrajac B, Potter R, Minar E. Vascular brachytherapy with 192Ir after femoropopliteal stent implantation in high risk patients: twelve month follow up results from the Vienna 5 trial. *Radiology* 2005; 236: 343-51.
7. Hang CL, Fu M, Hsieh BT, Leung SW, Wu CJ, Yip HK, et al. Intracoronary beta irradiation with liquid rhenium-188: results of the Taiwan radiation in prevention of post pure balloon angioplasty restenosis study. *Chest* 2003; 124: 1284-93.
8. Choi Y, Kang BS, Min JW. A study on the isodose distribution in a vascular characterization room. *Korean J Digit Imaging Med* 2011; 13: 7-11.
9. Han EO, Kwon DM, Dong KR, Han SM. A Model for Protective Behavior against the Harmful Effects of Radiation based on Medical Institution Classifications. *J Korea Asso Radiat Prot* 2010; 35: 157-62.
10. Dong KR, Kweon DC, Chung WK, Goo EH, Kevin, D, Choe JH. Study on the angular dependence of personal exposure dosimeter (Focus on thermoluminescent dosimeter and photoluminescent dosimeter). *Annals of Nuclear Energy* 2011; 38: 383-8.
11. Jung Y, Dong KR, Kweon DC, Kevin D, Goo EH, Ahn SY. A Study on the Effects of Scattering Dose on Eyes and Thyroid for Panoramagraphy (Focus on TLD and PLD). *J Korea Asso Radiat Prot* 2010; 35: 1-5.